

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 789 438**

②① N° d'enregistrement national :

**99 01391**

⑤① Int Cl<sup>7</sup> : E 21 B 17/22, E 21 B 17/10

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

②② Date de dépôt : 05.02.99.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 11.08.00 Bulletin 00/32.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SMF INTERNATIONAL — FR.

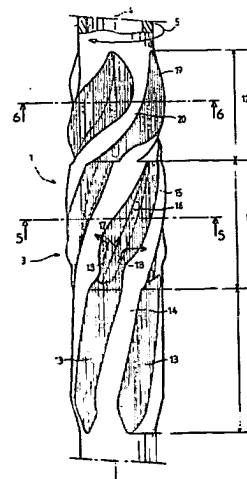
⑦② Inventeur(s) : BOULET JEAN GILBERT.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤④ **ELEMENT PROFILE POUR UN EQUIPEMENT DE FORAGE ROTATIF ET TIGE DE FORAGE COMPORTANT AU MOINS UN TRONCON PROFILE.**

⑤⑦ L'élément ou tronçon profilé (3) présente une forme globale de révolution à génératrices droites ou courbes et un axe dirigé suivant l'axe de rotation du forage. Il comporte des parties en saillie ou nervures (14, 15, 20) et des parties en creux ou rainures (13, 16, 19) disposées suivant des hélices ayant pour axe l'axe du forage rotatif. Sur au moins une partie (10, 11) de la longueur de l'élément profilé (3), dans la direction axiale, l'une au moins des caractéristiques géométriques et dimensionnelles des parties en creux (13, 16, 19) et des parties en saillie (14, 15, 20) varie suivant la direction axiale de l'élément profilé (3). De préférence, l'élément profilé (3) comporte, dans au moins une partie profilée variable (11) des passages en forme de rainures (16) à section cumulée décroissante dans une direction de circulation du fluide de forage. On obtient ainsi un effet de palier hydrodynamique par formation d'un débit de fuite circonférentiel (18) du fluide de forage.



FR 2 789 438 - A1



L'invention concerne un élément profilé pour un équipement de forage rotatif et en particulier un tronçon profilé d'une tige d'un train de tiges de forage rotatif.

5 Dans le domaine de la recherche et de l'exploitation de gisements pétroliers, on utilise des trains de tiges de forage rotatifs constitués de tiges et éventuellement d'autres éléments tubulaires qui sont assemblés bout à bout, selon les besoins du forage.

10 De tels trains de tiges peuvent permettre en particulier de réaliser des forages déviés, c'est-à-dire des forages dont on peut faire varier l'inclinaison par rapport à la verticale ou la direction en azimut, pendant le forage.

15 Dans le cas de forages déviés à grand déport comportant des tronçons horizontaux ou pratiquement horizontaux, les couples de frottement dus à la rotation de la garniture de forage peuvent atteindre des valeurs très élevées, au cours du forage. Les couples de frottement peuvent remettre en cause les équipements utilisés ou les objectifs du forage. En outre, la remontée des déblais produits par le forage est très souvent difficile, compte tenu de la sédimentation des débris produits dans le trou de forage, en particulier dans la partie fortement inclinée du trou de forage. Il s'ensuit un mauvais nettoyage du trou et une augmentation à la fois des coefficients de frottement des tiges du train de tiges à l'intérieur du trou de forage et des surfaces de contact entre les tiges et les parois du trou.

25 Afin de diminuer le coefficient de frottement et la surface de contact entre le train de tiges et les parois du trou de forage et d'améliorer le nettoyage du trou de forage et l'évacuation de débris dans le fluide de forage, on a proposé, dans la demande de brevet FR-97 03207, une tige de forage comportant au moins une zone d'appui ayant une partie

centrale d'appui et deux tronçons d'extrémité de part et d'autre de la zone centrale d'appui comportant sur leur surface externe au moins une rainure disposée suivant une hélice et dont la section transversale présente une partie en contre-dépouille. La zone d'appui de la tige de forage qui  
5 présente un diamètre supérieur au diamètre des tronçons d'extrémité vient en contact avec la paroi du trou de forage et assure une certaine réduction du frottement entre la tige de forage et la paroi du trou de forage. Les parties d'extrémité qui comportent des profils hydrauliques permettent d'activer la circulation du fluide de forage et de décoller les  
10 débris accrochés sur la paroi du trou de forage.

Les parties d'appui de la tige de forage comportent généralement des gorges permettant le passage du fluide de forage entre les parties d'appui et la paroi du trou de forage. Le fluide de forage circulant dans ces gorges dans une direction axiale n'a pratiquement pas d'effet sur la  
15 réduction du frottement entre les parties d'appui de la tige de forage et la paroi du trou. L'effet des parties d'appui de la tige de forage sur la réduction du frottement est donc limité.

On connaît des paliers dans lesquels le frottement peut être réduit jusqu'à des niveaux très faibles, par effet hydrodynamique d'un fluide mis  
20 en circulation entre les surfaces de frottement du palier. Dans le cas des éléments de train de tige de forage profilés connus de l'art antérieur et par exemple tels que décrits dans le FR 97 03207, de tels effets hydrodynamiques du fluide de forage entre les surfaces d'appui de la tige de forage et la paroi du trou n'ont pu être obtenus. De manière générale,  
25 on connaît de nombreux éléments pour équipements de forage, tels que des tiges de forage ayant une forme globale cylindrique c'est-à-dire présentant une surface d'enveloppe externe cylindrique, qui comportent des parties en saillies et des parties en creux sur leur surface externe disposées suivant des hélices ayant pour axe l'axe de rotation de

l'équipement de forage. De telles formes profilées comportant des parties en saillies et des parties en creux suivant des hélices permettent en particulier d'améliorer la circulation du fluide de forage dans l'espace annulaire délimité entre l'équipement et le trou de forage. Cependant, ces

5 éléments profilés dont la section transversale est constante suivant la direction longitudinale axiale de l'équipement de forage et dont le diamètre est inférieur au diamètre du trou de forage, n'apportent aucune solution en ce qui concerne la réalisation de paliers à faible frottement pour le guidage de l'équipement ou de la tige de forage.

10 De plus, lorsqu'on exerce une traction sur un équipement de forage, tel qu'un train de tiges, pour le remonter en surface, il peut se produire des blocages, du fait du coincement de l'équipement de forage par des débris ou des aspérités en saillie sur la paroi du trou de forage. Il peut être très difficile sinon impossible de réaliser le déblocage et donc la

15 remontée de l'équipement de forage. Les parties en creux ou en saillie en forme d'hélice présentes sur la surface extérieure de certains équipements de forage telles que des tiges de forage n'apportent généralement aucune solution à ce problème ou au contraire accroissent les risques de coincement.

20 Le but de l'invention est donc de proposer un élément profilé pour un équipement de forage rotatif présentant une forme globale de révolution et un axe dirigé suivant l'axe de rotation du forage, ainsi que des parties en saillie et des parties en creux dans des directions radiales sur sa surface externe, suivant des dispositions sensiblement en forme

25 d'hélice ayant pour axe l'axe de rotation de l'équipement de forage, cet élément profilé permettant en particulier de réduire le frottement entre l'équipement de forage et une paroi d'un trou de forage et de limiter les risques de coincement de l'équipement de forage lors d'une remontée de l'équipement à l'intérieur du trou de forage.

Dans ce but, sur au moins une partie de la longueur de l'élément profilé, dans la direction axiale, l'une au moins des caractéristiques géométriques et dimensionnelles des parties en creux et des parties en saillies radiales varie suivant la direction axiale de l'élément.

5            Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, un mode de réalisation d'un équipement de forage constitué par une tige de forage comportant plusieurs tronçons profilés suivant l'invention.

10           La figure 1 est une vue en élévation latérale d'une tige de forage comportant, suivant sa longueur, plusieurs tronçons profilés suivant l'invention.

La figure 2 est une vue en élévation à plus grande échelle d'un tronçon profilé de la tige de forage représentée sur la figure 1.

15           La figure 3 est une vue développée dans la direction circonférentielle, d'une partie du tronçon profilé représenté sur la figure 2.

La figure 4 est une vue en coupe axiale du tronçon profilé représenté sur la figure 2.

20           La figure 5 est une vue en coupe transversale suivant 5-5 de la figure 2.

La figure 6 est une vue en coupe transversale suivant 6-6 de la figure 2.

La figure 7 et la figure 8 sont des vues de détail des extrémités de la tige de forage constituant des éléments de raccordement vissé.

25           Sur la figure 1, on a représenté une tige de forage désignée de manière générale par le repère 1 et constituant un élément d'un train de tiges de forage dans lequel des tiges de forage successives peuvent être raccordées par vissage mutuel de leurs parties d'extrémité. La tige 1 comporte une partie d'extrémité supérieure 2a constituant un élément de

5 raccordement vissé femelle et une partie d'extrémité inférieure 2b constituant un élément de raccordement vissé mâle. La partie filetée de l'élément de raccordement mâle 2b de forme tronconique est destinée à venir s'engager par vissage dans une partie de raccordement d'extrémité supérieure d'une tige de forage, analogue à la partie 2a de la tige 1 et comportant une partie taraudée de forme tronconique.

La tige 1 comporte au moins un et par exemple trois tronçons profilés 3 de forme identique qui sont réalisés suivant le principe de l'invention.

10 Les tronçons profilés 3 dont la surface externe est de révolution à génératrices droites ou courbes, sont répartis suivant la longueur de la tige de forage 1, sensiblement à égale distance les uns des autres dans la direction longitudinale axiale de la tige de forage.

15 Comme il sera expliqué plus loin, les parties d'extrémité supérieure 2a et inférieure 2b de la tige de forage peuvent comporter également des parties profilées variables réalisées suivant le principe de l'invention.

20 La tige de forage présente une forme tubulaire globalement cylindrique, l'enveloppe de la surface externe de la tige étant un cylindre, avec un diamètre externe variable suivant les tronçons successifs de la tige de forage. La tige de forage 1 présente un axe 4 autour duquel la tige est mise en rotation dans le sens représenté par la flèche courbe fermée 5, lorsque la tige est reliée à un train de tiges réalisant le forage rotatif d'un trou 6 à l'intérieur d'une formation géologique 7.

25 Pendant le forage, un fluide de forage circule de haut en bas à l'intérieur du train de tiges, jusqu'à l'outil de forage relié à la tige du train de tiges située le plus bas, dans le fond du trou de forage 6. Le fluide de forage circule ensuite de bas en haut, à partir du fond du trou 6, dans l'annulaire 8 du trou de forage, c'est-à-dire dans l'espace annulaire compris entre le train de tiges et la paroi du trou 6. On a représenté par

une flèche 9, le débit de fluide de forage dans l'annulaire 8, autour de la tige 1.

5 Sur la figure 2, on a représenté un tronçon profilé 3 de la tige de forage 1 qui comporte 3 parties successives 10, 11 et 12 disposées à la suite l'une de l'autre dans la direction axiale 4 de la tige de forage, en allant du bas vers le haut.

10 La partie inférieure 10 du tronçon profilé 3 est réalisée conformément à la demande de brevet français 97 03207 et comporte des parties en creux ou rainures 13 disposées suivant des hélices ayant pour axe l'axe 4 de la tige de forage 1, dont la section transversale par un plan perpendiculaire à l'axe 4 de la tige de forage présente une partie en contre-dépouille située vers l'arrière de la rainure en considérant le sens de rotation 5 de la tige de forage. De cette manière, pendant la rotation de la tige de forage, la partie profilée 10 réalise de manière optimale une  
15 activation de la circulation du fluide de forage et des débris de forage dans l'annulaire 8 du trou de forage. On améliore ainsi considérablement le nettoyage de l'annulaire et on réduit les frottements entre le train de tiges et le trou de forage, comme il a été expliqué dans la demande de brevet rappelée ci-dessus. Le profil 10 comportant des parties en creux  
20 constituées par les rainures 13 et des parties en saillie 14 séparant les rainures 13 présente des caractéristiques géométriques et dimensionnelles sensiblement uniformes suivant la longueur de la partie profilée 10. Les rainures 13 et les nervures en saillie 14 présentent des largeurs dans la direction circonférentielle sensiblement constantes et  
25 l'inclinaison des hélices constituées par les rainures 13 et les nervures 14 est constante dans la direction axiale de la tige 4.

La partie profilée à section uniforme 10 qui n'est pas en contact avec la paroi du trou de forage et qui n'est pas réalisée suivant l'invention ne permet pas de transformer des déplacements ou efforts axiaux en

déplacements ou efforts circonférentiels du fait d'une modification dimensionnelle ou géométrique des profils en creux ou en saillie disposés suivant des hélices.

5 En revanche, les deux parties supérieures successives 11 et 12 du tronçon profilé 3 de la tige de forage qui seront décrits ci-après présentent des formes variables axialement suivant l'invention.

La partie 10 réalisée suivant la demande de brevet 97 03207 peut toutefois se combiner utilement avec les parties 11 et 12 réalisées suivant l'invention pour obtenir des résultats améliorés.

10 Sur la figure 3, on a représenté de manière développée dans la direction circonférentielle, les deux parties profilées 11 et 12. La partie profilée variable 11 du tronçon 3 de la tige de forage comporte des parties en saillies radiales ou nervures 15 et des parties en creux ou rainures 16 disposées chacune entre deux parties 15 en saillies radiales.

15 Aussi bien les parties en saillies radiales 15 que les rainures en creux 16 sont disposées suivant des hélices ayant pour axe l'axe 4 de la tige 1.

20 La partie profilée 11 du tronçon 3 de la tige de forage comporte par exemple 5 parties en saillie 15 disposées suivant 5 hélices ayant pour axe l'axe 4 séparées deux à deux par 5 rainures 16 également disposées suivant 5 hélices ayant pour axe l'axe 4 de la tige de forage.

25 Comme il est représenté sur la figure 3, chacune des nervures en saillie 15 est disposée dans le prolongement d'une nervure en saillie 14 de la partie profilée 10 du tronçon 3. De même, chacune des rainures 16 de la partie profilée 11 est disposée dans le prolongement d'une rainure 13 de la partie profilée 10 du tronçon 3.

Les hélices suivant lesquelles sont disposées les nervures 14 et les rainures 13 de la partie profilée 10 ont un angle d'inclinaison  $\alpha_1$  par rapport au plan transversal perpendiculaire à l'axe 4 du train de tiges. Les



nervures 15 et les rainures 16 de la partie profilée 11 sont disposées suivant des hélices ayant un angle d'inclinaison  $\alpha_2$  par rapport au plan transversal perpendiculaire à l'axe 4 de la tige de forage.

Les parties profilées 10 et 11 sont réalisées de manière que l'angle  $\alpha_1$  soit supérieur à l'angle  $\alpha_2$ . En outre, suivant l'invention, les rainures 16 de la partie profilée 11 ont une largeur dans la direction circonférentielle décroissante dans la direction axiale de la tige de forage et dans le sens allant de bas en haut, c'est-à-dire dans le sens de circulation du fluide de forage dans l'annulaire 8. Corrélativement, les nervures en saillies 15 de la partie profilée 11 ont une largeur dans la direction circonférentielle croissante, dans la direction axiale de la tige de forage et dans le sens allant de bas en haut.

D'autre part, comme il est visible en particulier sur la figure 2 et sur la figure 4 montrant une coupe axiale du tronçon profilé 3 de la tige 1, la tige 1 présente, au niveau de la partie profilée variable 11, un diamètre extérieur maximal supérieur au diamètre extérieur des parties profilées 10 et 12 placées de part et d'autre de la partie profilée variable 11. Le diamètre extérieur maximal de la partie profilée 11 est peu inférieur au diamètre intérieur du trou de forage 6, de sorte que l'annulaire 8 présente une faible largeur radiale dans la zone de la partie profilée 11.

Sur la figure 5, on a montré en coupe transversale, la partie profilée variable 11 qui comporte suivant la circonférence de la tige de forage, cinq parties en saillies radiales 15 ou nervures séparées deux à deux par une partie en creux ou une rainure 16. Les sections transversales des rainures 16 peuvent présenter une forme dissymétrique, l'inclinaison du bord d'attaque de la rainure 16 dans le sens de la rotation donnée par la flèche courbe 5 étant différente de l'angle d'inclinaison du bord de fuite. Dans le cas représenté sur la figure 5, la tangente au bord d'attaque de la section transversale de la rainure

16 fait un angle  $\beta_1$  avec le rayon de la tige de forage aboutissant à l'extrémité du bord d'attaque. La tangente au bord de fuite fait un angle  $\beta_2$  avec le rayon de la tige de forage aboutissant à l'extrémité du bord de fuite. Dans le cas représenté  $\beta_1$  est inférieur à  $\beta_2$ , ce qui semble une conception favorable pour obtenir un effet de palier hydrodynamique entre la partie profilée 11 de la tige de forage et la paroi du trou de forage 6.

Le fluide de forage en circulation dans l'annulaire, pendant le forage, dans le sens allant du bas vers le haut est guidé par les rainures 16, au niveau de la partie profilée 11 du tronçon 3. Le fluide de forage est guidé en amont de la partie profilée 11 par les rainures 13 de la partie profilée 10. Du fait que les rainures 16 de la partie profilée 11 se trouvent dans le prolongement des rainures 16 de la partie profilée, les rainures 16 sont alimentées en fluide de forage à partir des rainures 13.

On a représenté sur la figure 2 par la flèche 17, la circulation du fluide de forage dans une des rainures 16 de la partie profilée 11. Du fait que la largeur et donc la section de la rainure 16 diminue dans le sens de circulation du fluide de forage, il se produit progressivement des courants déviés circonférentiels 18 sur la circulation du fluide de forage constituant des courants de fuite.

Comme représenté sur la figure 5, les courants de fuite 18 de fluide de forage s'établissent entre la paroi du trou de forage 6 et la surface externe de la partie profilée 11 de la tige de forage. On obtient ainsi un effet de palier hydrodynamique, des courants circonférentiels de fluide qui sont laminés entre la surface extérieure de la partie profilée 11 de la tige de forage et la paroi du trou de forage 6. On réduit ainsi considérablement le frottement entre la tige de forage et la paroi du trou de forage, dans les zones d'appui constituées par les parties profilées variables 11 dont le diamètre externe est supérieur au diamètre des

parties profilées adjacentes de la tige et des parties courantes de la tige située entre les tronçons profilés.

5 Comme il est visible sur les figures 2, 3 et 6, la partie profilée supérieure 12 du tronçon profilé 3 de la tige de forage comporte des nervures en saillies radiales 20 séparées deux à deux par des parties en creux ou rainures 19.

10 Les nervures en saillies radiales 20 sont disposées dans le prolongement des nervures 14 et 15 des parties profilées respectives 10 et 11 de la tige de forage. Les parties en creux 19 sont dans le prolongement des rainures 13 et 16 des parties profilées 10 et 11.

Les nervures 20 sont disposées suivant des hélices ayant pour axe l'axe 4 de la tige de forage dont l'angle d'inclinaison  $\alpha'$  varie de manière continue entre une valeur minimale  $\alpha'1$  et une valeur maximale  $\alpha'2$ , inférieure ou égale à  $90^\circ$  lorsqu'on se déplace de bas en haut.

15 Comme il est visible sur la figure 6, la partie profilée variable 12 du tronçon 3 de la tige de forage comporte 5 nervures successives 20 séparées deux à deux par une partie en creux 19. La section transversale des nervures 20 comporte une partie d'extrémité externe sensiblement circulaire de rayon  $R_n$  et les rainures 19 présentent une partie interne ou  
20 fond de forme sensiblement circulaire ayant un rayon  $R_r$ .

Lors de la remontée du train de tiges de forage, par traction sur son extrémité située en surface, chacune des tiges du train de tiges de forage telle que la tige 1 est susceptible de venir en contact avec un obstacle tel qu'un débris ou une aspérité 21 (représenté sur les figures 1  
25 et 6) en saillie vers l'intérieur par rapport à la paroi du trou de forage 6. L'obstacle 21 en saillie est susceptible de provoquer un blocage et un coincement de la tige de forage, lors de sa remontée.

La présence d'une partie profilée 12 à inclinaison variable sur la tige de forage venant en contact avec l'obstacle 21 pendant la remontée

de la tige qui est soumise à une traction axiale, permet de favoriser un déblocage de la tige. En effet, lors de la traction sur la tige dans la direction axiale, l'aspérité ou obstacle 21 est guidé par les nervures 20 de la partie profilée 12 qui agissent comme des rails de glissement de part et d'autre de l'obstacle 21.

L'obstacle 21 en contact avec une partie en creux du profil 12 exerce sur ce profil un couple de torsion croissant du fait que l'angle d'inclinaison des hélices suivant lesquelles sont disposées les nervures 20, par rapport à un plan transversal horizontal est décroissant de haut en bas. Le couple exercé par l'obstacle sur la partie profilée 12 de la tige de forage produit une légère torsion de la tige de forage et un déplacement de la tige dans le trou de forage qui permet le déblocage de la tige.

L'angle d'inclinaison  $\alpha'$  des nervures 20 varie de manière continue dans la direction axiale, pour passer d'une valeur  $\alpha'1$  à l'extrémité inférieure de la partie profilée 12 à une valeur  $\alpha'2$  proche de  $90^\circ$  à l'extrémité supérieure de la partie profilée 12. De ce fait, lors de la traction sur la tige pour sa remontée à l'intérieur du trou, l'obstacle 21 en saillie par rapport à la paroi du trou s'engage facilement entre les nervures 20 à l'extrémité supérieure de la paroi profilée 12 et peut être guidé dans une rainure 19 facilitant le glissement.

Comme il est visible sur les figures 7 et 8, les parties d'extrémité supérieure et inférieure, respectivement 2a et 2b de la tige de forage comportent deux parties successives 23a et 24a ou 23b et 24b présentant des diamètres légèrement différents.

Les parois à plus faible diamètre 23a et 23b des extrémités de raccordement 2a et 2b de la tige de forage comportent les parties filetées de raccordement de la tige telle que la partie mâle de forme tronconique visible sur la figure 8. La partie 23a à plus faible diamètre de l'extrémité supérieure 2a comporte un alésage interne taraudé de forme

tronconique permettant de recevoir une extrémité filetée de forme tronconique d'une seconde tige de forage analogue à la partie tronconique filetée 25 représentée sur la figure 8.

5 Du fait de la différence de diamètre entre les parties 23a et 24a ou 23b et 24b des extrémités de la tige de forage, ces extrémités sont susceptibles de venir en contact avec la paroi du trou de forage 6 par l'intermédiaire des parties à plus grand diamètre 24a et 24b. Les parties 23a et 23b comportant les filetages de raccordement sont ainsi protégées pendant le forage rotatif.

10 La partie à plus grand diamètre 24a ou 24b de l'extrémité de raccordement de la tige de forage peut comporter des nervures et rainures analogues aux nervures et rainures 15 et 16 de la partie profilée variable 11 qui a été décrite plus haut dans le cas d'un tronçon profilé disposé dans une partie de la tige de forage intermédiaire entre ces  
15 extrémités.

Dans le cas où les parties 24a et 24b des extrémités de la tige de forage comportent des rainures telles que les rainures 16 à section décroissante dans le sens de circulation du fluide à l'intérieur du trou de forage, on obtient un effet de palier hydrodynamique aux extrémités de la  
20 tige de forage, ce qui permet de réduire le frottement dans ces parties d'extrémité.

De manière à faciliter l'extraction de la tige de forage et à éviter des coincements pendant la remontée de la tige dans le trou de forage, il est possible de prévoir des profils analogues au profil variable de la partie  
25 12 qui a été décrite plus haut, sur certaines parties d'extrémité de la tige et en particulier sur un tronçon 26 de la tige de forage adjacent au tronçon 24b à grand diamètre de l'extrémité inférieure de raccordement 2b de la tige, le tronçon 26 étant disposé juste au dessus du tronçon 24b.

En ce qui concerne la disposition d'ensemble des tronçons profilés sur la tige de forage 1, il est préférable de prévoir un ou plusieurs tronçons profilés, par exemple un, deux ou trois tronçons profilés suivant la longueur de la tige de forage, chacun des tronçons profilés présentant une forme analogue aux tronçons 3 qui ont été décrits plus haut. Chacun des tronçons profilés comporte de préférence un profil de nettoyage du trou de forage analogue au profil 10, un profil variable analogue au profil 11 comportant des rainures à section décroissante dans le sens de circulation du fluide de forage, pour obtenir un effet de palier hydrodynamique et un profil variable analogue au profil 12 facilitant l'extraction de la tige de forage. Les trois profils 10, 11 et 12 doivent être disposés dans cet ordre, dans le sens de circulation du fluide de forage. L'effet de vis d'Archimède du profil de nettoyage des débris 10 permet d'activer la circulation du fluide de forage en amont du profil 11 dont les rainures 16 sont ainsi alimentées de manière efficace en fluide de forage, ce qui améliore l'effet de palier hydrodynamique du profil 11.

Le profil 12 permet de protéger les parties profilées 11 et 10, lors de l'extraction de la tige de forage, les obstacles étant guidés entre les rainures 20 du profil 12 et produisant une légère rotation de la tige de forage permettant son dégagement.

Comme il est visible sur la figure 4, les parties profilées 11 présentent un diamètre extérieur supérieur au diamètre maximal extérieur des parties profilées 10 et 12. Le diamètre des parties profilées 11 constitue le diamètre maximal de la tige de forage de telle sorte que la tige de forage s'appuie sur les parois du trou de forage par l'intermédiaire des parties profilées 11 constituant des paliers hydrodynamiques.

Les profils 10 et 12 présentent un rayon extérieur maximal inférieur de  $h_1$  ou  $h_2$  au rayon extérieur maximal des parties profilées 11. De cette manière, les parties profilées 10 et 12 ne sont pas susceptibles de venir

en contact avec la paroi du trou de forage. Les parties profilées 10 assurent une activation de la circulation du fluide de forage dans l'annulaire et un décollement et un entraînement des débris.

5 Les profilés 10 et 12 pourraient également présenter un rayon extérieur à peu près égal au rayon des parties profilées 11 ( $h_1$  et  $h_2 = 0$ ).

10 Les parties d'extrémité telles que 2a et 2b de la tige de forage ainsi que les nervures 15 peuvent être recouvertes d'une couche en matériau dur tel que le carbure de tungstène et comportent des tronçons à grand diamètre 24a et 24b dont le diamètre est peu inférieur ou égal au diamètre des parties profilées 11, ce diamètre constituant le diamètre maximal de la tige de forage. De ce fait, la tige de forage peut prendre appui à ses extrémités sur la paroi du trou de forage par l'intermédiaire des parties 24a et 24b résistant à l'usure.

15 Dans un train de tiges de forage, il est possible d'utiliser des tiges de forage ayant des parties profilées tel que décrit plus haut et des tiges de forage lisses ne comportant pas de telles parties profilées. Par exemple, on peut prévoir d'utiliser uniquement une tige de forage profilée sur trois tiges assemblées bout à bout lors de la constitution du train de tiges de forage.

20 Dans tous les cas, la présence sur un équipement de forage tel qu'un train de tiges de forage d'éléments profilés suivant l'invention permet d'améliorer considérablement les conditions du forage rotatif. En particulier, l'utilisation d'éléments profilés suivant l'invention permet de diminuer le couple de rotation du train de tiges, d'améliorer les propriétés  
25 de glissement multidirectionnel entre les parois du trou de forage et le train de tiges, de diminuer les efforts axiaux et les risques de blocage, lors de la remontée du train de tiges, de diminuer les risques de collage du train de tiges par pression différentielle à l'intérieur du trou de forage

et d'améliorer le comportement mécanique du train de tiges (ou de tout autre équipement ou garniture de forage).

5 L'amélioration du comportement mécanique du train de tiges de forage est dû en particulier à l'amélioration des propriétés de glissement et de la qualité géométrique des surfaces d'appui entre le train de tiges et les parois du trou de forage. On diminue ainsi l'amplitude des modes de vibration de la tige de forage et on limite les risques de coincement et de glissement (Stick and Slip) de l'outil de forage. De manière générale, on améliore la transmission du poids du train de tiges à l'outil de forage en limitant les frottements entre le train de tiges et les parois du trou de forage.

10 L'amélioration des conditions de mise en œuvre dynamique du forage permet d'améliorer la conduite et le réglage de la trajectoire du trou de forage.

15 L'utilisation en combinaison avec les profils variables suivant l'invention, d'un profil d'activation du fluide de forage et de nettoyage du trou de forage, selon le brevet français 97 03207 permet non seulement d'obtenir les avantages spécifiques au profil connu, c'est-à-dire la diminution des pertes de charge dans l'annulaire du trou de forage, le nettoyage des zones de sédimentation du trou de forage et l'évacuation des débris mais encore des avantages liés à la combinaison du profil connu avec les profils suivant l'invention. Ces avantages sont dus en particulier à l'activation de la circulation du fluide de forage en amont des profils suivant l'invention.

20 L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation qui ont été décrits.

25 On peut prévoir, sur les parties de surface externe d'équipements de forage d'un type quelconque, des profils suivant l'invention tel que



décrit plus haut, en nombre quelconque et associés de diverses manières.

5 De tels profils peuvent être prévus sur des éléments divers de train de tiges de forage tel que des pièces de raccordement, des masse-tiges ou tout autre élément habituellement utilisé dans le forage rotatif.

10 Les profils suivant l'invention peuvent présenter des caractéristiques géométriques différentes de celles qui ont été décrites, pour accomplir des fonctions différentes de celles d'un palier hydrodynamique ou d'un dispositif facilitant l'extraction de l'équipement de forage. D'une manière générale, l'élément profilé suivant l'invention qui permet une conversion de forces s'exerçant dans la direction longitudinale axiale en efforts ou action de direction circonférentielle permet d'obtenir de nombreuses fonctions, suivant la réalisation spécifique des nervures et rainures des éléments profilés.

15 Dans le cas de parties profilées comportant des rainures de section décroissante suivant la direction de circulation du fluide de forage, ces rainures peuvent présenter des largeurs ou des profondeurs décroissantes ou encore simultanément des largeurs et des profondeurs décroissantes.

20 L'invention s'applique de manière générale à tout équipement de forage rotatif présentant une forme globale cylindrique, généralement à diamètre variable, c'est-à-dire ayant une surface externe dont l'enveloppe est un cylindre ayant pour axe l'axe du forage rotatif.

### REVENDICATIONS

1.- Elément profilé pour un équipement de forage rotatif (1) présentant une forme globale de révolution et un axe (4) dirigé suivant l'axe de rotation du forage et des parties en saillie (15,20) et des parties en creux (16,19) dans des directions radiales sur sa surface externe, suivant des dispositions sensiblement en forme d'hélices ayant pour axe l'axe de rotation (4) de l'équipement de forage (1), caractérisé par le fait que, sur au moins une partie de la longueur de l'élément (3) dans la direction axiale, l'une au moins des caractéristiques géométriques et dimensionnelles des parties en creux (13,16) et des parties en saillies radiales (15,20) varie suivant la direction axiale (4) de l'élément (3).

2. – Elément profilé suivant la revendication 1 constituant un tronçon (3) d'un équipement de forage rotatif (1) caractérisé par le fait que le tronçon profilé (3) comporte une partie profilée variable axialement (11) dont les parties en creux (16) ou rainures, disposées suivant des hélices présentent une section de passage transversale par un plan perpendiculaire à l'axe (4) de la tige de forage (1) décroissante dans la direction axiale (4) et dans le sens de circulation (9) d'un fluide de forage dans un annulaire de forage (8) entre l'équipement de forage (1) et un trou de forage (6).

3. – Elément profilé suivant la revendication 2 caractérisé par le fait que les rainures (16) de la partie profilée variable (11) de l'équipement de forage (1) présentent une largeur et/ou une profondeur décroissante, dans la direction circonférentielle de l'équipement de forage, dans le sens de circulation du fluide de forage.

4. – Elément profilé suivant la revendication 1 constituant un tronçon profilé d'un équipement de forage (1) caractérisé par le fait que le tronçon profilé (3) comporte une partie profilée variable (12) présentant

des nervures en saillies radiales (20) disposées suivant des hélices dont l'inclinaison par rapport à un plan de section transversale de l'équipement de forage perpendiculaire à l'axe (4) de l'équipement (1) est croissante dans la direction axiale (4) de la tige de forage et de bas en haut, dans la position de forage de l'équipement de forage (1).

5  
10  
15  
20  
25  
5. – Élément profilé suivant l'une quelconque des revendications 2 à 4 caractérisé par le fait qu'au moins un tronçon profilé (3) de l'équipement de forage comporte, en amont de la partie profilée variable (11,12), dans le sens de circulation du fluide de forage, une partie profilée à section uniforme (10) comportant des rainures (13) disposées suivant des hélices ayant pour axe l'axe (4) de l'équipement de forage, permettant d'assurer l'activation de la circulation du fluide de forage.

6. – Élément profilé suivant la revendication 5 caractérisé par le fait que les rainures (16) à section décroissante de la partie profilée variable (11) sont disposées dans le prolongement des rainures (13) d'activation de la circulation du fluide de forage de la partie profilée à section uniforme (10).

7. – Élément profilé suivant l'une quelconque des revendications 2 et 3 caractérisé par le fait que les rainures (16) à section décroissante de la partie profilée variable (11) du tronçon (3) présentent, en considérant le sens de rotation (5) de l'équipement de forage, un bord d'attaque et un bord de fuite ayant des inclinaisons ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) différentes par rapport à un rayon de la section transversale de l'équipement de forage (1) passant respectivement par l'extrémité du bord d'attaque et par l'extrémité du bord de fuite.

8. – Élément profilé suivant la revendication 4 caractérisé par le fait que les parties en saillies radiales ou nervures (20) de la partie profilée variable (12) du tronçon (3) présentent une section transversale par un plan perpendiculaire à l'axe (4) de l'équipement de forage ayant une

partie d'extrémité externe de forme sensiblement circulaire de rayon  $R_n$  et sont séparées par des rainures (19) dont le fond présente une forme sensiblement circulaire en section transversale et un rayon  $R_r$ .

5 9. – Tige de forage d'un train de tiges de forage rotatif présentant une forme globale cylindrique, un axe (4) dirigé suivant l'axe de rotation du forage et des parties d'extrémité (2a,2b) de raccordement respectives à une seconde et à une troisième tiges de forage du train de tiges de forage caractérisée par le fait qu'elle comporte entre ses deux extrémités de raccordement (2a,2b), au moins un tronçon profilé (3) comportant, sur  
10 une partie au moins de sa longueur, des parties en saillies (15,20) et des parties en creux (13,16), sur sa surface externe, suivant des dispositions sensiblement en forme d'hélices ayant pour axe l'axe (4) de la tige de forage, l'une au moins des caractéristiques géométriques et dimensionnelles des parties en creux et des parties en saillies radiales  
15 (15,20,13,16) étant variable suivant la direction de l'axe (4) de la tige de forage (1).

10. – Tige de forage suivant la revendication 9 caractérisée par le fait que le tronçon profilé (3) de la tige de forage (1) comporte une partie profilée variable axialement (11) présentant des rainures (16) dont la  
20 section est décroissante dans une direction (9) de circulation d'un fluide de forage dans un annulaire (8) entre la tige de forage en position de service dans un trou de forage (6) et la paroi du trou de forage (6).

11. – Tige de forage suivant la revendication 10 caractérisée par le fait que le tronçon profilé (3) comporte de plus, en amont de la partie profilée variable (11) comportant des rainures (16) de section  
25 décroissante dans le sens de circulation du fluide de forage, une partie profilée à section uniforme (10) comportant des rainures (13) disposées suivant des hélices, permettant d'assurer l'activation de la circulation du fluide de forage dans l'annulaire (8).

- 5 12. – Tige de forage suivant l'une quelconque des revendications 9 à 11 caractérisée par le fait qu'elle comporte une partie profilée variable (12) présentant des parties en saillies radiales ou nervures (20) disposées suivant des hélices dont l'inclinaison par rapport à un plan transversal perpendiculaire à l'axe (4) de la tige de forage est croissante dans la direction axiale (4) de la tige de forage et dans le sens allant de bas en haut dans la position de forage de la tige de forage (1) à l'intérieur d'un trou de forage (6), les nervures (20) de la partie profilée (12) permettant de faciliter l'extraction de la tige de forage du trou de forage (6) par glissement d'obstacles (21) en saillie sur la paroi du trou de forage (6) à l'intérieur de rainures (19) délimitées par les nervures (20) et torsion de la tige (1) autour de son axe (4).
- 10 13. – Tige de forage suivant l'une quelconque des revendications 10 à 12 caractérisée par le fait que la partie profilée variable (11) comportant des rainures (16) à section transversale décroissante constitue une partie de la tige de forage (1) ayant un diamètre maximal.
- 15 14. – Tige de forage suivant l'une quelconque des revendications 9 à 13 caractérisée par le fait que les parties d'extrémité (2a,2b) de la tige de forage comportent chacune une première partie (23a,23b) à plus faible diamètre comportant des moyens de raccordement filetés (25) de la tige de forage (1) et, dans le prolongement axial de la première partie à plus faible diamètre (23a,23b), une seconde partie à plus grand diamètre (24a,24b).
- 20 15. – Tige de forage suivant la revendication 14 caractérisée par le fait que la seconde partie à plus grand diamètre (24a,24b) de la partie d'extrémité de la tige de forage (1) présente des rainures disposées suivant des hélices ayant pour axe l'axe (4) de la tige de forage (1) dont la section transversale perpendiculaire à l'axe (4) de la tige de forage est
- 25

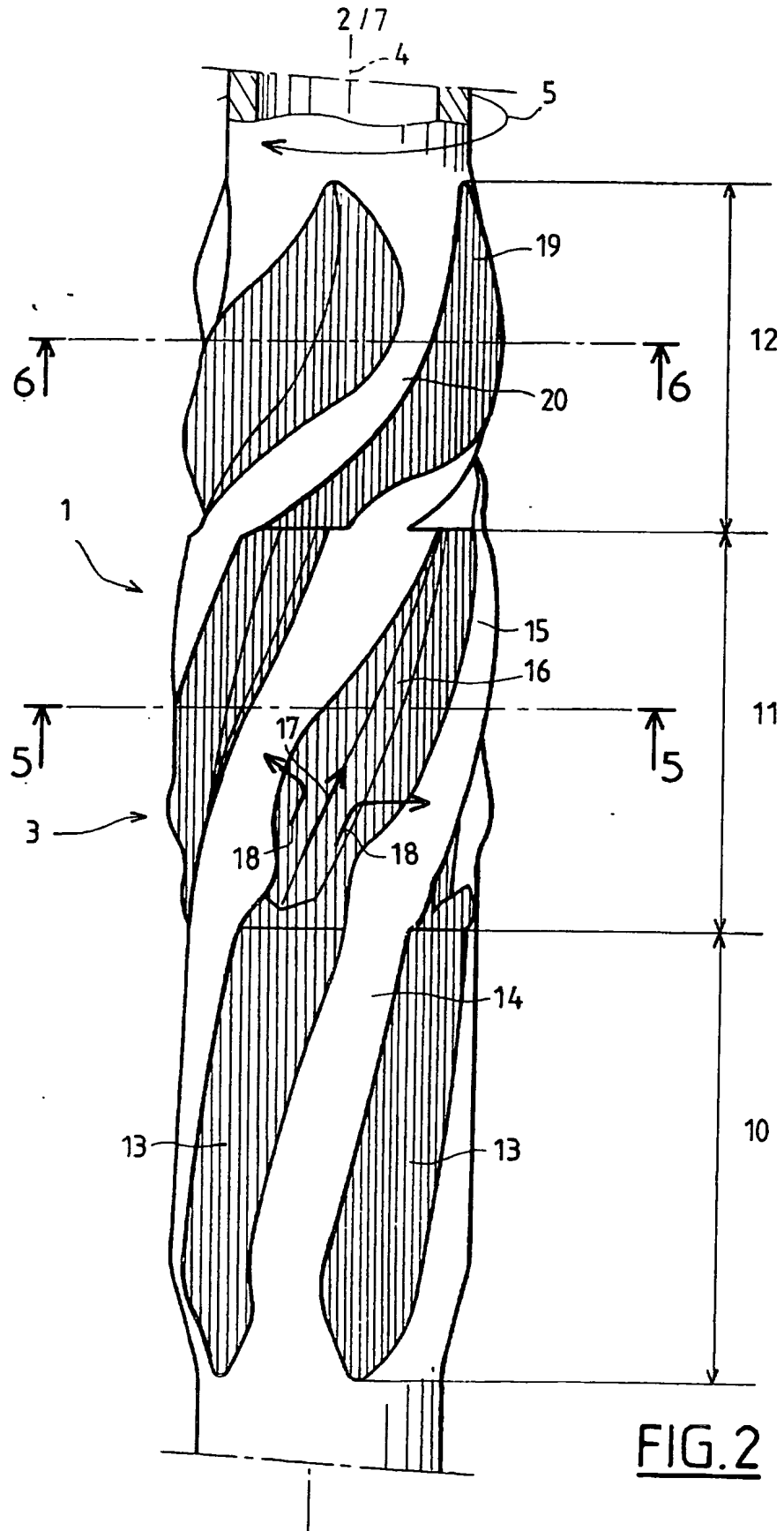
décroissante dans le sens de circulation d'un fluide de forage, pendant l'utilisation de la tige de forage (1), à l'intérieur d'un trou de forage (6).

5 16. – Tige de forage suivant l'une quelconque des revendications 9 à 15 caractérisée par le fait qu'elle comporte, dans une disposition adjacente par rapport à sa partie d'extrémité inférieure de raccordement (26), dans la position d'utilisation à l'intérieur d'un trou de forage (6), une  
10 partie profilée comportant des nervures en saillie disposées suivant des hélices dont l'inclinaison par rapport à un plan transversal perpendiculaire à l'axe (4) de la tige de forage (1) est croissante dans la direction de l'axe (4) de la tige de forage et dans le sens allant de bas en haut dans la position d'utilisation de la tige de forage (1).

17. – Tige de forage suivant l'une quelconque des revendications 9 à 16 caractérisée par le fait qu'elle comporte entre ses parties d'extrémité de raccordement (2a,2b), une pluralité de tronçons profilés (3).

15 18. – Tige de forage suivant la revendication 17 caractérisée par le fait qu'elle comporte trois tronçons profilés (3), entre ses parties d'extrémité de raccordement (2a,2b).







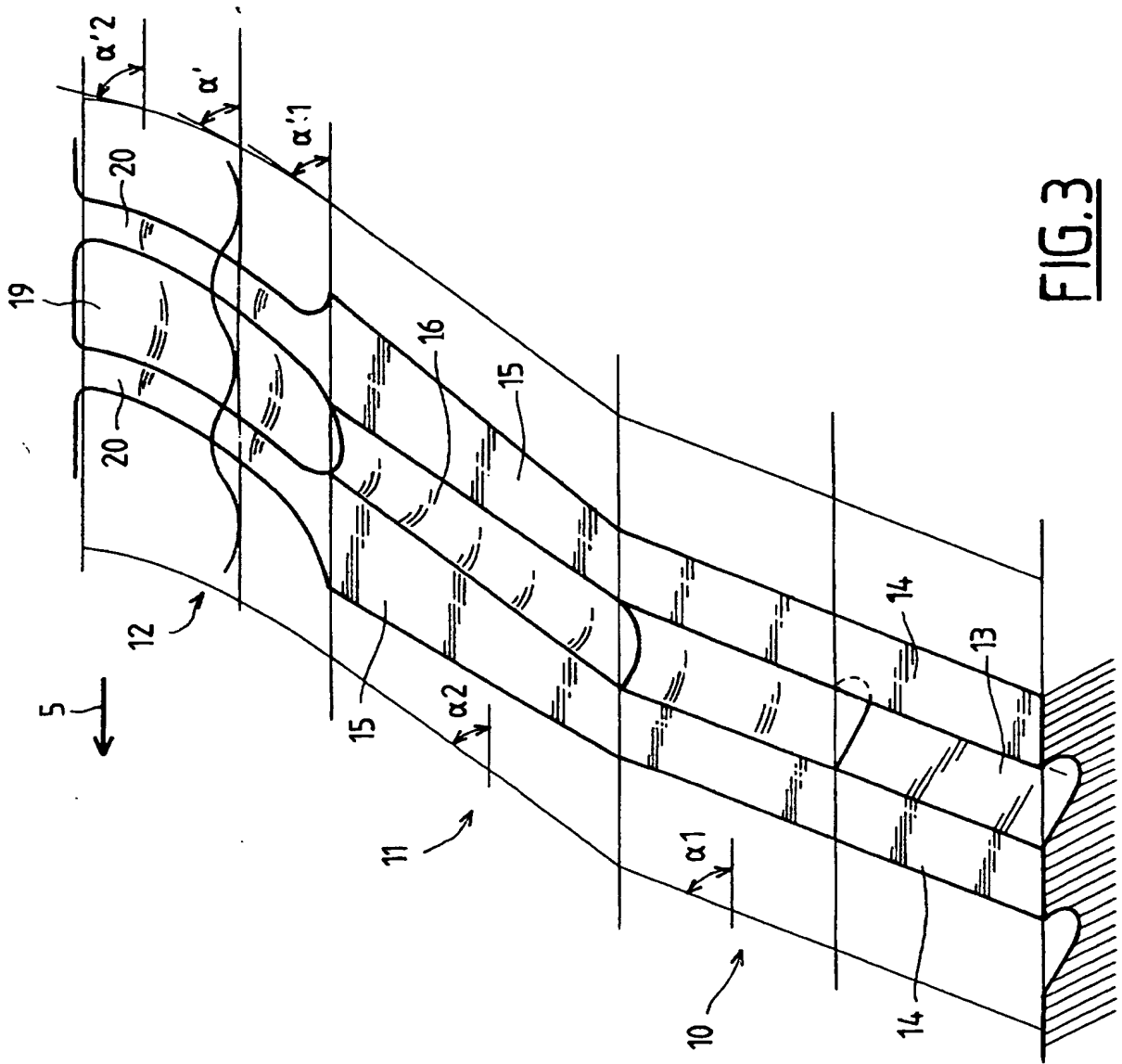
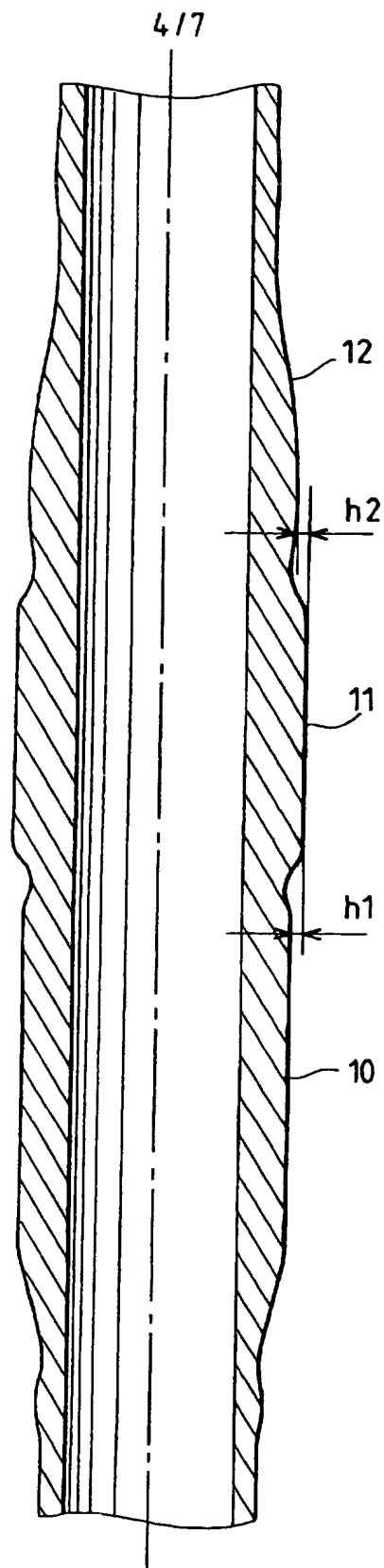
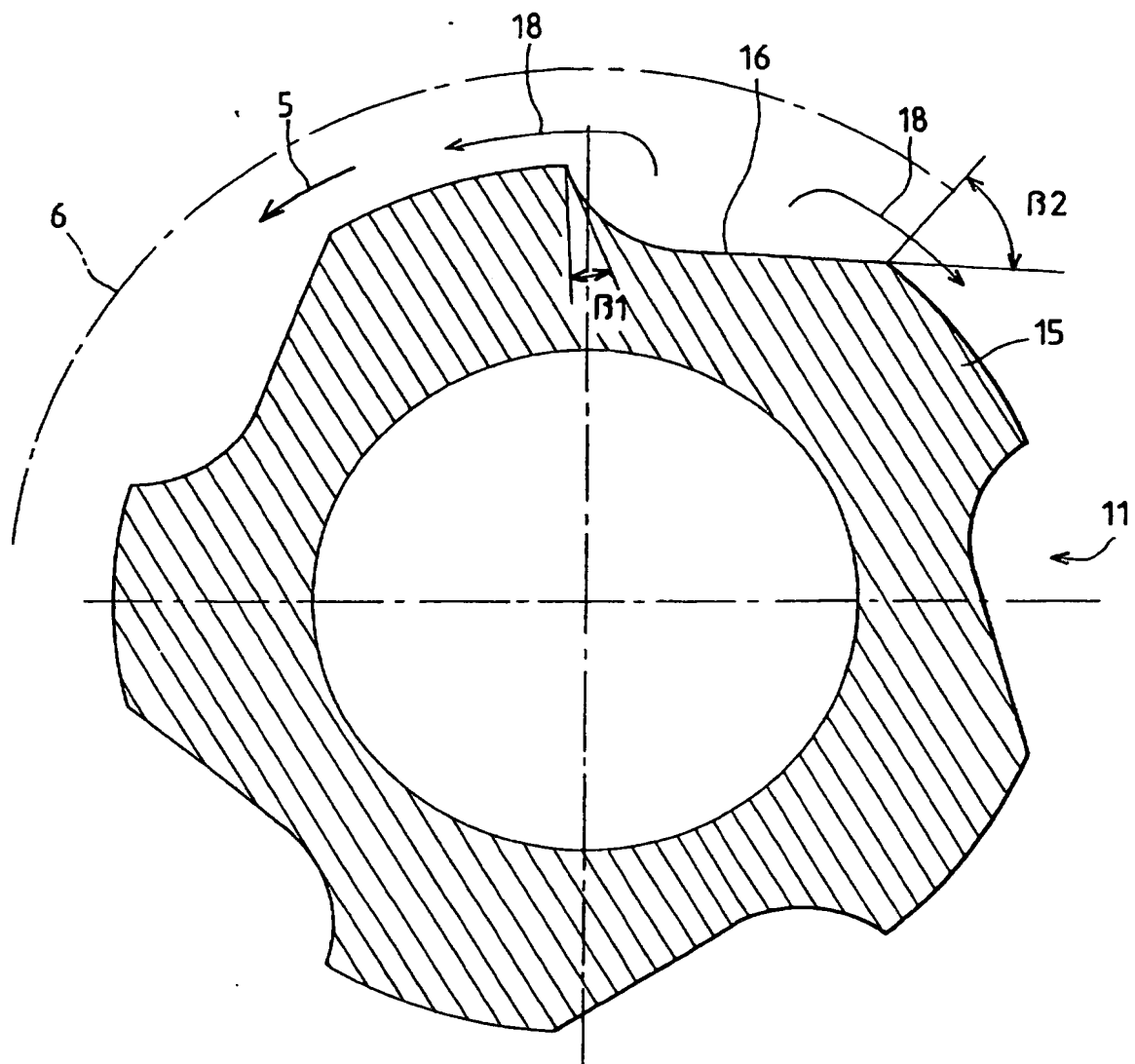


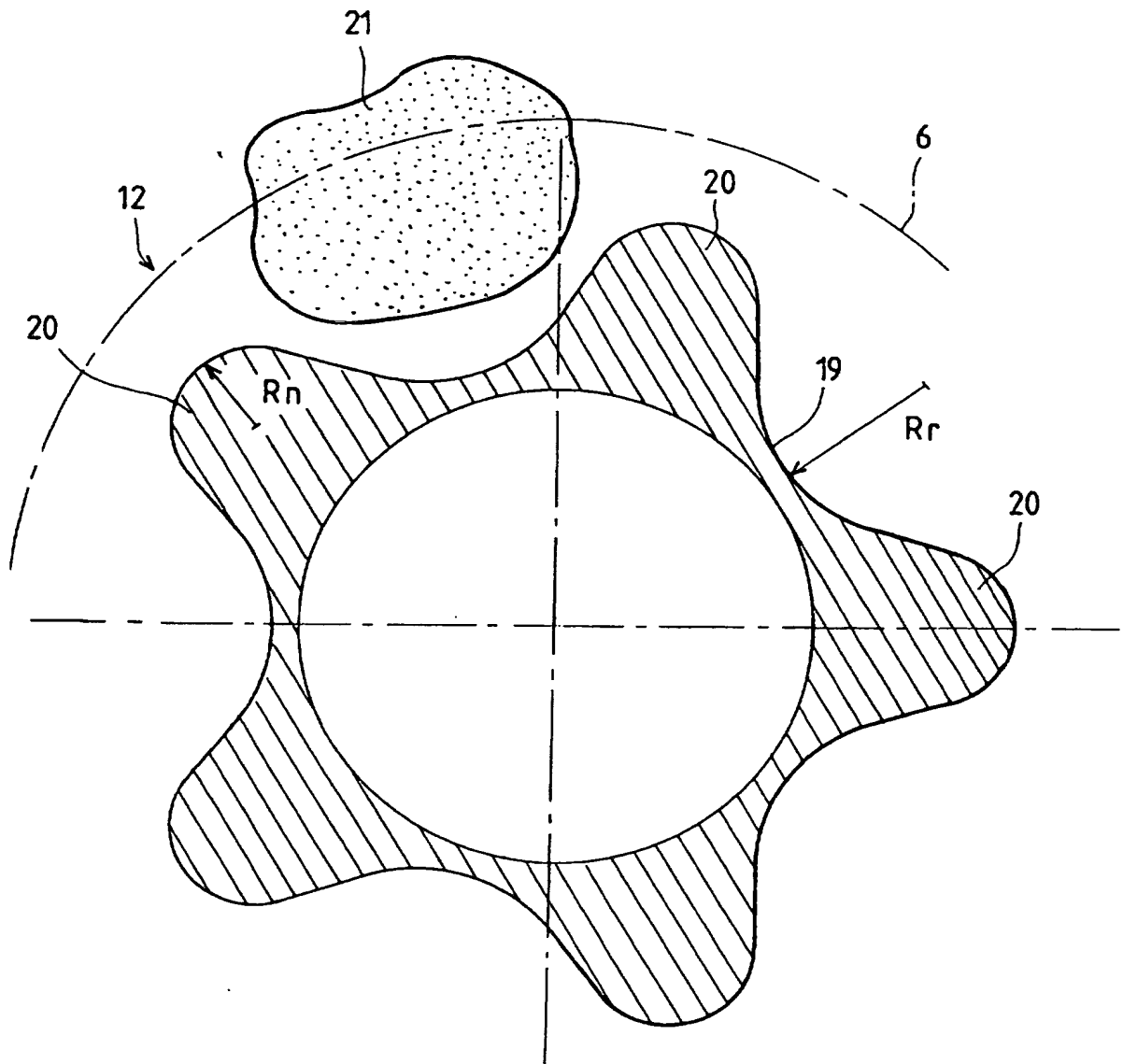
FIG.3

FIG.4

5/7

FIG.5

6/7

FIG. 6

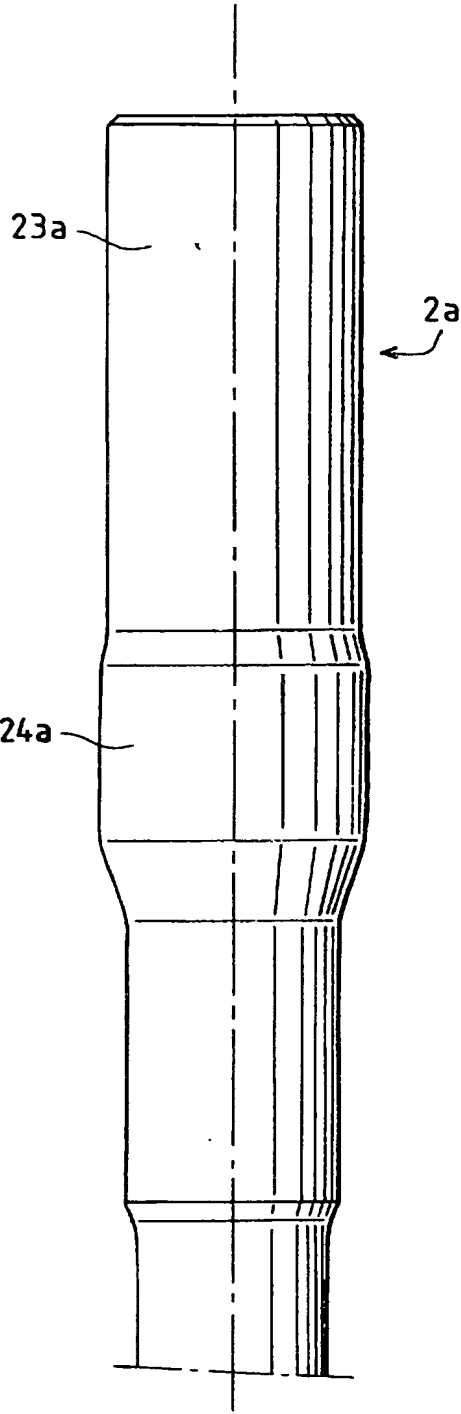


FIG.7

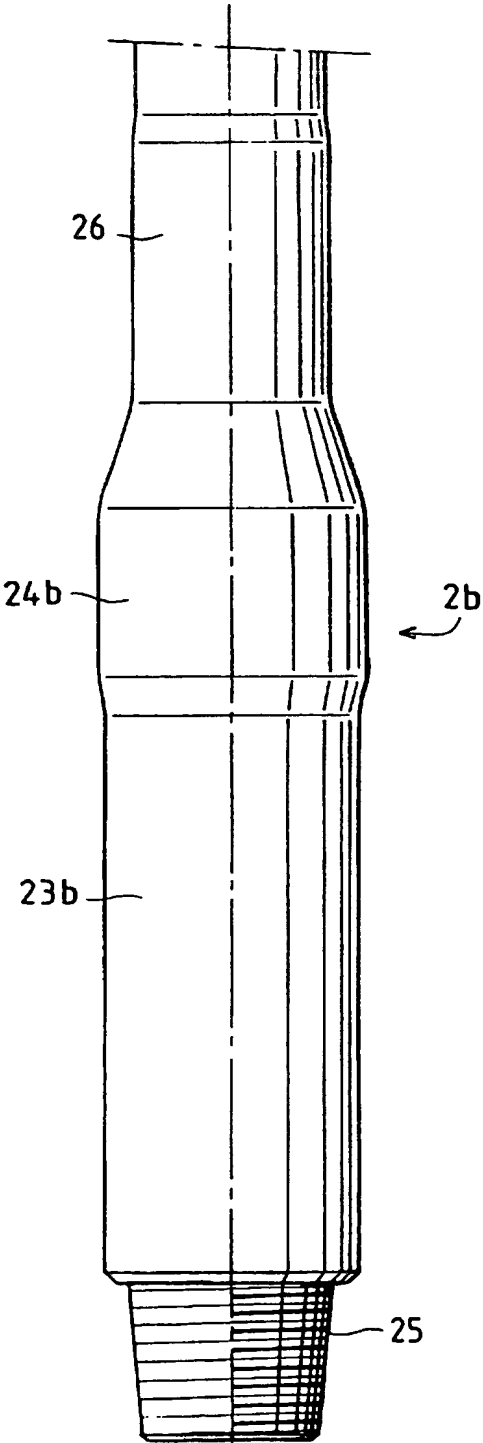


FIG.8

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 569963  
FR 9901391

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US 4 984 633 A (LANGER FRIEDRICH H ET AL) 15 janvier 1991 (1991-01-15) * abrégé; figures *	1,9
D,A	EP 0 866 209 A (SMF INT) 23 septembre 1998 (1998-09-23) * abrégé; figures *	1,9
A	US 4 729 438 A (WALKER CLYDE R ET AL) 8 mars 1988 (1988-03-08) * figures *	1
A	EP 0 178 709 A (DIAMANT BOART SA) 23 avril 1986 (1986-04-23) * revendication 1; figures *	1
A	DE 29 20 140 A (RUHRKOHLE AG) 2 avril 1981 (1981-04-02) * figure 1 *	1
A	EP 0 654 583 A (BAKER HUGHES INC) 24 mai 1995 (1995-05-24)	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
17 septembre 1999		Fonseca Fernandez, H
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons S : membre de la même famille, document correspondant</p>		